



<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dieselrainbow.jpg>

Como medir a espessura de um filme de óleo?

Constança Providência

Material

- prato grande de vidro transparente
- papel quadriculado
- papel milimétrico
- azeite
- um alfinete fino
- pó de lycopódio¹ e doador de rede fina
- proveta de cerca de 100 ml
- contas pequenas de madeira
- argola de silicone
- craveira e régua

É frequentemente necessário utilizar métodos indiretos para efetuar a medição duma quantidade em Física. Vamos dar um exemplo. A matéria é formada por átomos, e estes de partículas ainda mais pequenas, os eletrões, os protões e os neutrões. O raio de um protão é cerca de 0,000 000 000 000 001 m. Como podes imaginar, não se pode medir o raio do protão com uma régua! É preciso utilizar métodos muito complicados, propostos e montados por físicos, para realizar esta medição.

Imagina um filme de óleo, uma fina camada de óleo em cima de água, como frequentemente aparece quando a es-

trada está molhada. Estes filmes apresentam cores muito bonitas quando o Sol incide neles.

Vamos descobrir como podemos determinar a sua espessura, muito maior que o raio do protão, mas demasiado fina para podermos usar uma régua. Na verdade, a espessura dum filme é inferior a um micrometro, a milésima parte de um milímetro.

Começaremos por testar o método com contas de madeira das que se utilizam para fazer colares. Precisamos de contas, de uma argola de silicone com cerca de 6 cm de diâmetro e de uma proveta. Coloca a argola sobre uma folha de papel e enche-a de contas de modo a teres uma única camada de contas (Figura 1). Deita as contas na proveta e mede o volume que ocupam (Figura 2). Mede também o diâmetro da argola. Com estas medições como poderás determinar o diâmetro de cada conta? Ora o volume ocupado pelas contas é sempre o mesmo quer as contas estejam na proveta ou dentro da argola. Neste último caso o volume é dado pela área limitada pela argola multiplicada pela altura da camada, ou seja o diâmetro de uma conta:

$$\text{volume} = \text{área} \times \text{diâmetro},$$

ou ainda,

$$\text{diâmetro} = \text{volume}/\text{área}.$$

¹ Pode ser adquirido numa farmácia.



Fig. 1

Medimos o volume das contas na proveta, o diâmetro da argola e obtivemos

$$\text{volume} = 25 \text{ cm}^3$$

$$\text{diâmetro da argola} = 6 \text{ cm.}$$

Calculámos a área da argola = $28,3 \text{ cm}^2$. Com estes dados obtivemos o diâmetro das contas = $0,88 \text{ cm}$. Medindo a conta com uma craveira obtivemos $0,79 \text{ cm}$ (Figura 3). O nosso método indireto deu-nos uma estimativa muito boa.

Vamos agora aplicar este método à determinação da espessura de um filme de azeite em cima de água. Será apenas uma estimativa com mais incertezas que o cálculo do diâmetro da conta, mas vai-nos dar uma boa ordem de grandeza.

Coloca um prato de vidro com um diâmetro superior a 30 cm em cima de uma folha de papel quadriculado. Deita água no prato e polvilha a superfície com pó de licopódio. É importante usares o pó para facilmente identificares os limites do filme. Coloca o pó de licopódio até às extremidades do prato de modo a que limite sempre a zona da superfície com azeite.



Fig. 3



Fig. 2

Mergulha um alfinete fino em azeite e verifica que quando o retiras pequenas gotas de azeite escorregam pelo alfinete e caem. Deita uma destas gotas no centro do prato com água e vê o que acontece ao pó de licopódio. Verás que se forma uma figura mais ou menos irregular. Se fizeres incidir luz na superfície do prato verás que o pó limita uma fina camada de azeite com as cores do arco-íris.

Quando a figura tiver estabilizado determina a sua área contando os quadrados do papel quadriculado por baixo da figura. Se não tiver corrido bem da primeira vez repete. Para polvilhar a superfície de um modo uniforme usa um coador com uma rede fina. Antes de poderes calcular a espessura do filme ainda terás de fazer uma estimativa do volume da gota de azeite que deitaste sobre a água. Um modo possível é pedires a um colega para colocar uma folha de papel milimétrico vertical próxima do alfinete mergulhado em azeite. Vê a gota a formar-se e mede o seu diâmetro quando ainda está presa na ponta do alfinete. Esta medida permite calcular o volume da gota de azeite incluindo a ponta do alfinete, cerca de $d^3/2$. Estimando que o volume ocupado pelo alfinete é metade deste volume, obtemos para a gota de azeite metade do volume calculado, $d^3/4$.



Fig. 4

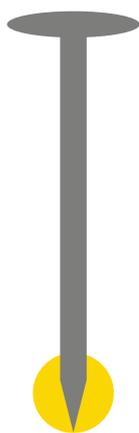


Fig. 5

Realizámos a experiência e obtivemos:

diâmetro da gota de azeite na extremidade
do alfinete = 2 mm

área do filme de azeite = 158 quadrículas com
5 mm de lado = 3950 mm².

Agora podemos determinar a espessura da camada de azeite: espessura = volume da gota de azeite/ área da mancha de azeite = $2/3950 = 0,000\ 506$ mm. Dizemos que tem uma espessura de 506 nanómetros. O nanómetro é uma medida de comprimento e obtém-se dividindo um milímetro em 1000 partes, e uma destas partes novamente em 1000 partes.

O valor obtido foi apenas uma estimativa. Há várias incertezas envolvidas na obtenção deste número. Quais? Como poderíamos melhorar o resultado?

Uma das maiores incertezas está certamente na estimativa do volume da gota de azeite, e uma segunda na determinação da área da mancha de azeite. Melhorar qualquer das duas vai melhorar os teus resultados.

A espessura deste filme de azeite é da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da luz visível e é por esse motivo que a mancha de azeite adquire as cores do arco-íris: são figuras de interferência. Poderás aprender mais tarde a explorar estas figuras para determinar com uma precisão maior a espessura do filme.

Agradecimentos

Agradeço ao meu colega José António Paixão todas as dicas e o precioso pó de lycopódio que poderá ser encontrado em farmácias. Agradeço ainda à minha colega Lucília Brito por todas as críticas e pela cuidadosa edição do texto.

Para saber mais:

- http://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film_interference
- <http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/estimating-size-molecule-using-oil-film>
- Prova experimental ap_exp(1).pdf em <http://olimpiadas.spf.pt/apuramento/1999.shtml>

Correspondência

Heliografia extrema: Retificação

Recebemos do nosso leitor e colaborador Guilherme de Almeida um comentário relativo ao artigo “Heliografia extrema”, da autoria de Horácio Fernandes, publicado na última edição da Gazeta de Física (vol. 35, nº 2, pág. 33) e que transcrevemos:

(...) Há um interessante artigo de Horácio Fernandes (pp. 33-34), bem feito, mas com uma “aborrecida gralha” que merece reparo e rectificação. (...) Sensivelmente a meia altura da coluna esquerda da página 34, aparece isto: “Ter em atenção que a imagem do Sol não será pontual devido à qualidade do espelho, mas gerará uma imagem de poucos milímetros quadrados.”

Ora mesmo que o espelho fosse a perfeição absoluta e ainda que não houvesse aberrações, a imagem do Sol não se reduziria nunca a um ponto. Na verdade, para um espelho com 20 cm a 40 cm de distância focal (como o autor refere na pág. 33) a imagem do Sol seria um pequeno círculo de 1,75 mm de diâmetro (para $f = 20$ cm) e de 3,5 mm de diâmetro (para $f = 400$ mm). Nunca seria um ponto, pois o Sol, visto da Terra, não é uma fonte pontual, nem sequer aproximadamente.

Como nota justificativa, veja-se que:

- O diâmetro aparente do Sol, visto da Terra, é de cerca de $0,5^\circ$, ou seja, $0,00873$ rad.
- Para uma distância focal f , expressa em milímetros, o diâmetro d da imagem, no “plano” focal do espelho será $d = f \times 0,00873$ (mm).
- Por exemplo, para $f = 200$ mm, o diâmetro da imagem do Sol, formada por esse espelho, seria $d = 200 \times 0,00873 = 1,75$ mm.
- É um velho mito (aliás recorrente) a ideia de que com uma lupa os raios solares dela emergentes se concentram “num ponto”.